



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: 0 491 663 A1

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②① Anmeldenummer: 91810978.6

⑤① Int. Cl.⁸: G01N 21/88, G01M 11/02

②② Anmeldetag: 13.12.91

③① Priorität: 19.12.90 CH 4032/90
19.07.91 DE 4124003

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.06.92 Patentblatt 92/26

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU MC NL
SE

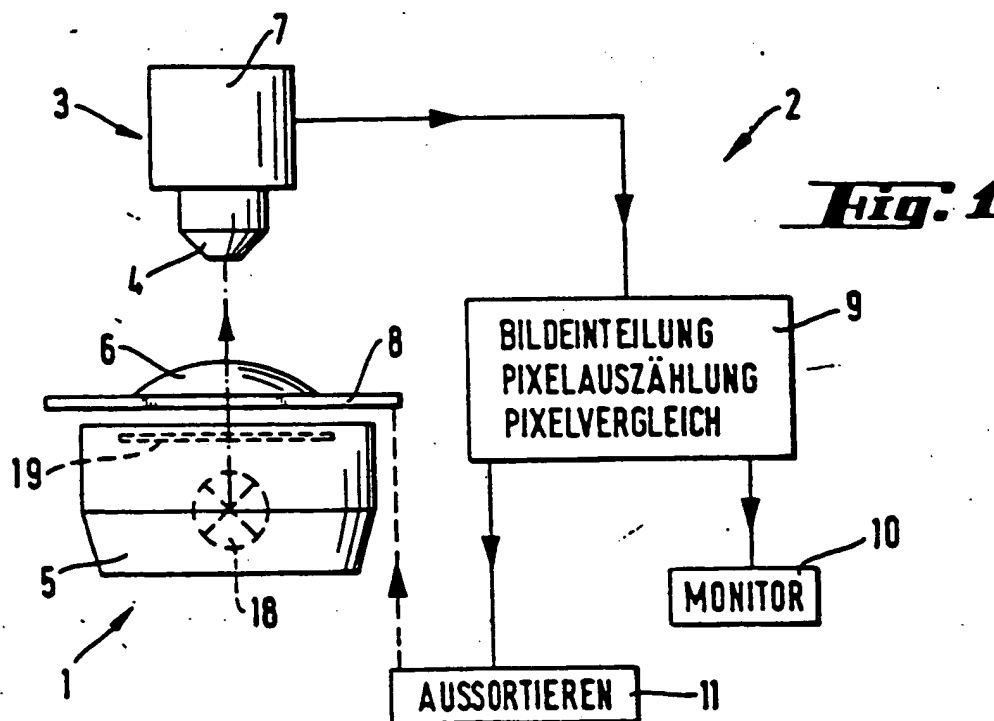
⑦① Anmelder: CIBA-GEIGY AG
Klybeckstrasse 141
CH-4002 Basel (CH)

⑦① Anmelder: BODENSEEWERK
GERÄTETECHNIK GmbH
Alte Nussdorfer Strasse 15, Postfach 101 155
W-7770 Überlingen (DE)

⑦② Erfinder: Höfer, Peter
Karlsbader Strasse 50
W-8750 Aschaffenburg (DE)
Erfinder: Hagmann, Peter, Dr.
Chamissostrasse 20
W-8759 Hösbach-Bahnhof (DE)
Erfinder: Hauck, Roland, Dr.
Am Rosenhang 2
W-7769 Hohenfels 5 (DE)
Erfinder: Geissler, Wolfgang
Gartenstrasse 34A
W-7525 Bad Schönborn (DE)
Erfinder: Lutz, Hubert
Bruggbühlstrasse 49
CH-3172-Niederwangen (CH)

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung von optischen Bauteilen, insbesondere augenoptischen Bauteilen und Einrichtung zum Beleuchten von klar-transparenten Prüfobjekten.

⑤⑦ Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prüfung, insbesondere Qualitätsprüfung, von optischen Bauteilen, bei dem von den jeweils zu prüfenden Bauteilen ein Bild hergestellt wird und durch Bildanalyse Fehler am abgebildeten Gegenstand erfaßt werden, sowie die Integration dieses Prüfverfahrens in die Fertigung des Bauteils. Bei den optischen Bauteilen kann es sich um augenoptische Bauteile, wie Brillengläser, Kontaktlinsen, Intraokularlinsen und dgl., handeln.



EP 0 491 663 A1

Konstruktion des CCD schon vorbestimmt. Die Bildelemente werden mit Hilfe einer Umsetzeinrichtung in digitale Bildsignale umgesetzt, die gespeichert und verarbeitet werden können. Auf diese Weise ist eine Analyse der Strukturmerkmale des zu überprüfenden optischen Bauteils (eine Flächenbestimmung) und mithin der jeweils im Kontrastbild erfaßten Fehler möglich. In vorteilhafter Weise wird für diese Umsetzung zunächst ein

5 Binärbild erzeugt.

Zur Erzeugung des Kontrastbildes wird in bevorzugter Weise eine Dunkelfeldbeleuchtung des zu prüfenden Bauteils durchgeführt. Unter Zuhilfenahme von entsprechend gesteuertem Licht wird der zu prüfende Bauteil gegen einen dunklen Hintergrund beleuchtet und mit Hilfe einer Kamera, die gegebenenfalls den Bildsensor enthält. Der Bildsensor ist bevorzugt als CCD ausgebildet. Auf diese Weise wird von dem beleuchteten Prüfling

10 ein Dunkelfeldbeleuchtungsbild aufgenommen. Ein derartiges Bild gibt eine kontrastreiche Darstellung von Fehlern, wobei diese Fehler als Flächen auf der Kontrastbilddarstellung in Erscheinung treten. Beispielsweise stellen sich bei einer Dunkelfeldbeleuchtung die Fehler als helle Flecken mit bestimmten Flächen gegen einen dunklen (schwarz oder grau), nicht fehlerbehafteten Hintergrund dar. Bei diesen Fehlern kann es sich um Kratzer, Löcher, Luftblaseneinschlüsse, Risse, anhaftende Bruchstücke und Verschmutzungen oder Schwundstellen und dgl., handeln. Diese Fehler stellen sich als Flächen in der Bildfläche dar. Es können jedoch auch

15 Randfehler des Prüflings, die als flächenhafte Gebilde darstellbar sind, ermittelt werden. Hierbei kann es sich um Randausbrüche Schwimmhäute, Risse, am Rand haftende Bruchstücke, Verschmutzungen und Schwundstellen am Rand und Randinhomogenitäten handeln.

Die Bildflächen der jeweils erfaßten Fehler können in Pixel (Bildflächenelemente) unterteilt werden. Durch die Anzahl der jeweiligen Bildflächenelemente (Pixel) läßt sich das Ausmaß eines jeweiligen Fehlers oder der Gesamtheit der Fehler bestimmen. Es kann hierzu eine Abtast/Zähl-Einrichtung vorgesehen sein, mit der sich ein Auszählen der Pixel durchführen läßt. Die ermittelte Pixelanzahl für die einzelnen Bildflächen der erfaßten Fehler wird mit einer vorbestimmten Pixelzahl verglichen. Diese vorbestimmte Pixelzahl stellt einen Qualitätsstandard, den der Prüfling einzuhalten hat, dar.

25 Bei der Prüfung kann der Prüfling auch in unterschiedliche Zonen aufgeteilt werden, für die unterschiedliche Grenzwerte als Qualitätsstandards vorgegeben sind. Beispielsweise können bei der Prüfung einer Kontaktlinse für die optische Zone, und die Lentikularzone unterschiedliche Qualitätsstandards in Form von vorgegebenen Bildflächen festgelegt werden. Die Qualität des Randes der Linse kann ebenfalls anhand der Form des flächenhaften Bildes des Kontaktlinsenrandes bestimmt werden.

30 In bevorzugter Weise kann die Erfindung bereits im Verlauf der einzelnen Fertigungsschritte bei der Herstellung des optischen Bauteils zum Einsatz kommen. Es kann hierzu die erfindungsgemäße Fehlererfassung und Qualitätskontrolle bei einem oder mehreren der Fertigungsschritte integriert sein, so daß man eine fortlaufende automatische Qualitätskontrolle während der Fertigung des optischen Bauteils hat. Man kann hierbei für den jeweiligen Fertigungsschritt entsprechende Qualitätsstandards vorgeben, so daß man für jeden der Herstellungsschritte reproduzierbare Qualitätskontrollen in der automatischen Fertigung gewinnt. Die Erfindung

35 kann in vorteilhafter Weise bei der Qualitätskontrolle von optischen Bauteilen, beispielsweise optischen Linsen, insbesondere augenoptischen Bauteilen, wie Brillengläsern, Kontaktlinsen, Intraokularlinsen und dergl., zum Einsatz kommen. Hierbei kann eine automatische Endkontrolle und, wie schon erläutert, auch eine ständige automatische Qualitätsüberwachung während der Fertigung der Bauteile erreicht werden.

40 Beispielsweise kann bei der Kontaktlinsherstellung sowohl eine Trockenprüfung (Prüfung an Luft) als auch eine Naßprüfung (Prüfung in Aufbewahrungslösung) von hydratisierten Kontaktlinsen durchgeführt werden. Falls die Bauteile in durchsichtigen Behältern untergebracht sind, ist es möglich, eine Endkontrolle der eingebrachten Bauteile durchzuführen.

In der bereits erwähnten Beleuchtungseinrichtung sind eine Lichtquelle und eine Beleuchtungsoptik zur Beleuchtung der Prüfobjekte in Dunkelfeldbeleuchtung vorgesehen. Die Beleuchtungsgeometrie der Beleuchtungsoptik ist zur Anpassung an das Prüfobjekt einstellbar.

Auf diese Weise kann durch geeignete Einstellung der Beleuchtungsoptik eine an die Abmessungen und Form der Prüfobjekte angepasste Beleuchtung erreicht werden, welche Fehler wie Lunker, Risse, o.dgl. als deutliche Kontraste erscheinen läßt. Die so erscheinenden Kontraste können durch eine elektronische Bildaufnahmevorrichtung erfaßt und mit Mitteln der Bildverarbeitung zur Fehlererkennung ausgewertet werden. Es hat sich gezeigt, daß eine solche Darstellung von Fehlern klar-transparenter Prüfobjekte als Kontraste mittels einer Dunkelfeldbeleuchtung möglich ist, daß es aber hierzu erforderlich ist, die Beleuchtungsoptik einstellbar zu machen. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Anhand von Figuren wird an Ausführungsbeispielen die Erfindung näher erläutert.

55 Es zeigt

Fig. 1 Schematisch eine Bildanalysevorrichtung, die ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist;

Fig. 2 ein von der Bildanalysevorrichtung der Fig. 1 dargestelltes Bild des Prüflings mit schematisch eingezeichneten flächenhaft wiedergegebenen Fehlern;

- Fig. 3 ein Positionierschema bei der Bildanalyse eines als Kontaktlinse ausgebildeten Prüflings;
 Fig. 4 eine Zoneneinteilung an einem als Kontaktlinse ausgebildeten Prüfling;
 Fig. 5 ein Erfassungsschema für Randfehler an einem als Kontaktlinse ausgebildeten Prüfling;
 Fig. 6 eine Kurvendarstellung der gemäß Fig. 5 erfaßten Randfehler;
 Fig. 7 schematisch verschiedene Herstellungsschritte bei der Herstellung einer Kontaktlinse mit integrierten automatischen Prüfschritten;
 Fig. 8 schematisch verschiedene Herstellungsschritte eines weiteren Herstellungsverfahrens für Kontaktlinsen mit integrierten automatischen Prüfschritten;
 Fig. 9 eine für eine Endprüfung mit Hilfe des erfindungsgemäßen verfahrens geeignete Verpackung, insbesondere für Kontaktlinsen in Draufsicht;
 Fig. 10 eine schnittbildliche Darstellung der in Fig. 9 gezeigten Verpackung;
 Fig. 11 ein Blockschaltbild für eine in Fig. 1 gezeigte Bildanalyseeinrichtung; und
 Fig. 12 einen Längsschnitt einer Beleuchtungseinrichtung.

In der Fig. 1 ist eine Vorrichtung gezeigt, die zur Prüfung von optischen Bauteilen dient. Ein zu prüfendes Bauteil 6 befindet sich auf einer Halte- und Transporteinrichtung 8. Eine Beleuchtungseinrichtung 1 beinhaltet einen Kontrastbildgeber 5, der als Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung ausgebildet sein kann. Mit Hilfe einer Lichtquelle 18, deren Licht mehrfach reflektiert und gestreut wird, wird das zu prüfende Bauteil 6 vor einem dunklen Hintergrund 19 beleuchtet.

Für die Verarbeitung des auf diese Weise dargestellten Kontrastbildes bzw. Dunkelfeldbildes ist eine Bildverarbeitungseinrichtung 2 vorgesehen. Diese Bildverarbeitungseinrichtung 2 umfaßt eine Bildaufnahmeeinrichtung 3 mit einem Bildsensor 4. Es kann sich hier beispielsweise um eine Videokamera handeln, deren Bildsensor 4 als CCD ausgebildet ist.

Die Videokamera kann an einen nicht näher dargestellten Monitor angeschlossen sein, auf welchem das flächenhafte Kontrastbild sichtbar gemacht werden kann. Wenn der Bildsensor als CCD ausgebildet ist, hat man automatisch aufgrund des CCD-Aufbaus eine Bildaufteilung in Bildelemente (Pixel), beispielsweise in 500 x 700, d.h. es ergibt sich hier von selbst eine Bildaufteilung. Mit Hilfe einer Lese- und Umsetzeinrichtung 7 können die einzelnen Bildelemente des Kontrastbildes abgetastet und in Binärsignale umgewandelt werden, die dann abgespeichert und weiterverarbeitet werden, wie das im folgenden erläutert wird.

Ein Ausführungsbeispiel für ein Kontrastbild 12 eines Prüflings ist in Form eines Binärbildes in Fig. 2 dargestellt. Es kann sich hier beispielsweise um das Kontrastbild 12 einer zu prüfenden Kontaktlinse handeln. Fehler auf der Oberfläche des Prüflings 6 oder eingeschlossene Fehler sind in dem Kontrastbild 12 flächenhaft dargestellt. Es handelt sich hier beispielsweise um die flächenhaft dargestellten Fehler 13, 14, 15, 16 und 17. Diese können Löcher, Luftblasen, Einschlüsse, anhaftende Bruchstücke usw. darstellen.

Wie die Fig. 2 zeigt, werden diese flächenhaft dargestellten Fehler bzw. Fehlerflächen in einzelne Bildelemente, sogenannte Pixel, unterteilt. Eine solche Unterteilung kann beispielsweise mit Hilfe des Bildsensors 4 (CCD) in Zusammenarbeit mit der Lese- und Umsetzeinrichtung 7 durchgeführt werden.

An die Einrichtung 7 ist eine Bildanalyseeinrichtung 9 (Bildeinteilung, Pixelauszählung, Pixelvergleich) angeschlossen. Diese erfaßt die Anzahl der Pixel, beispielsweise durch Zählen. Dazu kann die Bildanalyseeinrichtung 9 eine entsprechend ausgebildete Zähleinrichtung (Pixelzähler 23 in Fig. 11) aufweisen.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 11, die schematisch ein Blockschaltbild für die in der Bildanalyseeinrichtung 9 enthaltenen Funktionseinheiten darstellt, wird die Arbeitsweise der Bildanalyseeinrichtung 9 erläutert.

Ein Bilderfassungsspeicher 20 erhält von der Ausleseeinrichtung 7 (Fig. 1) das von der Videokamera bzw. dem Bildsensor 4 der Bildaufnahmeeinrichtung 3 erfasste Bild des zu prüfenden Bauteils 6. Dieses Bild kann die in der Fig. 2 dargestellte Form aufweisen. Um für die Qualitätskontrolle das zu prüfende Bauteil 6 zentriert und richtig in der Bilderzeugungseinrichtung 1 und Bildverarbeitungseinrichtung 2 anzuordnen, ist eine Ausricht- und Zentriersteuereinrichtung 22 mit der Bilderfassungseinrichtung 20 verbunden. Die Steuereinrichtung 22 steuert die Halte- und Transporteinrichtung 8 (Fig. 1) entsprechend an, wenn der Prüfling 6 nicht zentriert angeordnet ist. Zur Positionierung der Linse in dem in der Fig. 3 dargestellten quadratischen Feld wird zunächst der Linsenrand erfaßt, welcher die äußere Begrenzung des Suchfeldes darstellt. Bei der Positionierung wird dann von "außen nach innen" gesucht.

Da Kontaktlinsen üblicherweise eine Gravur aufweisen, ist es erforderlich, bei der Prüfung diese Gravur auszusparen, da sie sonst eine Fehleranzeige veranlassen würde. Hierzu ist das in Fig. 3 dargestellte quadratische Feld in acht Sektoren unterteilt. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Positionierung so, daß die Gravur häufig in den beiden Sektoren II und III angeordnet ist. Die eine Hälfte der Gravur befindet sich links von der Zwölf-Uhr-Stellung, und die andere Hälfte der Gravur befindet sich rechts von der Zwölf-Uhr-Stellung, wobei beide Gravurhälften den gleichen Abstand zur Zwölf-Uhr-Stellung aufweisen. Damit der Prüfling 6 richtig positioniert wird, kann die Halte- und Transporteinrichtung 8 eine x-y-verschiebbare Einrichtung aufweisen. Wenn das zu prüfende Bauteil 6 aus verschiedenen Zonen bzw. Teilgebieten gebildet wird, für die unterschied-

liche Qualitätsstandards ausreichen oder auch gefordert werden, ist es von Vorteil, in entsprechende Zoneinteilung am erfaßten Bild (Fig. 2) des zu prüfenden Bauteils 6 vorzunehmen.

In der Fig. 4 ist beispielsweise für eine Kontaktlinse eine derartige Zonenaufteilung schematisch dargestellt. Durch einen Bereich, der durch einen Radius r_1 erfaßt ist, ist eine Optikzone OZ der Kontaktlinse festgelegt. Durch Radien r_2 und r_3 ist eine auszublendende Schriftzone im Gravurwinkelbereich festgelegt.

Durch einen Bereich zwischen Radien r_1 und r_4 ist eine Lentikularzone LZ definiert, und durch den Radius r_4 ist der Rand R der Linse definiert.

Für die optische OZ und für die Lentikularzone LZ lassen sich unterschiedliche Fehlergrenzen festsetzen, wobei die Fehlergrenze für die optische Zone OZ niedriger festzusetzen ist als die Fehlergrenze für die Lentikularzone LZ. Auch für den Rand R kann eine Randfehlergrenze festgelegt werden; beispielsweise dürfen die Längs- und/oder Querabmessungen nicht größer als $50\text{ }\mu\text{m}$ sein. Die Fehlergrenze kann jedoch bei der Erfindung auch noch niedriger, beispielsweise bei $20\text{ }\mu\text{m}$, angesetzt werden. Dies gilt auch für die Fehlergrenzen im optischen Bereich OZ und im Lentikularbereich LZ. Je nachdem, wie hoch die Qualität der Kontaktlinse bzw. des zu prüfenden Bauteils 6 sein soll, wird die Fehlergrenze (Fehlerschwelle) angesetzt.

Während für die flächenhaften Zonen des Bildes entsprechende zugeordnete Fehlerschwellen festgelegt sind, läßt sich für den Kontaktlinsenrand R nach dem in den Figuren 5 und 6 dargestellten Prinzip eine Fehlerfassung durchführen. Es können hier verschiedene Kriterien einzeln oder insgesamt berücksichtigt werden. Ein Kriterium kann sein, ob der Radius an einer bestimmten Randstelle von einem mittleren Radius R_m über eine vorgegebene Radiusabweichung $\Delta R_g/2$ hinaus abweicht oder nicht. Ferner kann als Kriterium berücksichtigt werden, ob diese zu starken Radiusabweichungen in ihrer Gesamtheit eine bestimmte Schwelle überschreiten oder nicht. Schliesslich kann noch als Kriterium untersucht werden, ob die Kurvenform des Randes stark von einer Kreisform abweicht oder nicht, wie das beispielsweise zwischen den beiden Kurventeilen C1 und C2 bzw. zwischen den Kurventeilen C3 und C4 in Fig. 5 dargestellt ist. Fig. 6 zeigt beispielsweise, dass etwa bei 150° eine starke Radiusabweichung vorhanden ist. In Fig. 5 ist diese mit R1 - R2 dargestellt. Aus Fig. 6 ist auch die starke Abweichung des Randes von der Kreisform zwischen den Kurventeilen C3 und C4 erkennlich. Ferner ist aus der Fig. 6 auch eine starke Radiusabweichung im Bereich von etwa 260° bis 300° erkennbar.

Die angesprochenen Fehler lassen sich in der Bildanalyseeinrichtung 9 (Fig. 1) mit Hilfe einer Speichereinrichtung 21 (Fig. 11), in welcher die in Fig. 4 gezeigte Zoneneinteilung festgelegt ist, in Zusammenarbeit mit Grenzwertspeichern erfassen. Beispielsweise sind für die optische Zone OZ ein Grenzwertspeicher 27, für die Lentikularzone LZ ein Grenzwertspeicher 28 und für den Rand R ein dritter Grenzwertspeicher 29 vorgesehen. Für die entsprechenden Zonen sind zugeordnete Pixelzähler 23 vorhanden. Die Pixelzähler, welche Werte für die Fehlergrößen in den jeweiligen Zonen angeben, liefern diese Werte an Vergleicher 24, 25 und 26, die mit den beschriebenen zugeordneten Grenzwertspeichern 27, 28 und 29 verbunden sind. Das Vergleichsergebnis kann in einem Zwischenspeicher 30 für die jeweiligen Zonen abgelegt werden und gegebenenfalls zusammen mit dem erfassten Bild im Bilderfassungsspeicher 20 an einem Monitor wiedergegeben werden.

Ferner wird in Abhängigkeit von den jeweiligen Vergleichsergebnissen der Vergleicher 24, 25 und 26 entweder über den Zwischenspeicher 30 oder direkt ein Aussortierer 11 (Fig. 1) angesteuert. Dieser Aussortierer 11 ist mit der Halte- und Transporteinrichtung 8 verbunden bzw. in Wirkverbindung. Dies ist durch eine strichlierte Linie in Fig. 1 schematisch dargestellt. Das zu prüfende Bauteil 6 wird dann in Abhängigkeit auf der Halte- und Transporteinrichtung 8 belassen, wenn es gemäß dem Vergleichsergebnis den Qualitätsanforderungen genügt. Das zu prüfende Bauteil 6 wird dann in die nächste Bearbeitungsstation übergeführt. Falls das Bauteil 6 den Qualitätsanforderungen nicht genügt, wird es durch die Wirkung des Aussortierers 11 aus der Halte- und Transporteinrichtung 8 entfernt.

Ein Ausführungsbeispiel der Einrichtung zur Beleuchtung des Prüfobjekts, z.B. zur Beleuchtung der Kontaktlinse, ist in Fig. 12 dargestellt. Dort ist mit 110 ein zentraler erster Reflektorkörper bezeichnet. Der erste Reflektorkörper 110 weist eine ebene, obere Stimmfläche 112 auf. Die obere Stimmfläche 112 erstreckt sich senkrecht zu einer Systemachse 114. Anschliessend an die Stimmfläche 112 weist der Reflektorkörper 110 ein zu der Systemachse 114 koaxiale, zylindrische Mantelfläche 116 auf. Auf der Unterseite bildet der Reflektorkörper 110 einen konvex-konischen, ersten Reflektor 118. Die Konusachse des Reflektors 118 fällt mit der Systemachse 114 zusammen.

Unterhalb des Reflektorkörpers 110 ist auf der Systemachse 114 eine Lichtquelle 120 angeordnet. Von der Lichtquelle 120 fällt ein zentrales Lichtbündel 122 auf den konvexkonischen, ersten Reflektor 118. Das Lichtbündel 122 wird von dem ersten Reflektor 118 radial auseinandergefächert. In der Zeichnung sind die Randstrahlen 124 und der längs der Systemachse 114 verlaufende Zentralstrahl 126 des Lichtbündels 122 vor und nach der Reflexion an dem ersten Reflektor 118 dargestellt.

Das radial auseinandergefächerte Lichtbündel 122 fällt auf einen zweiten Reflektor 128. Der zweite Reflektor 128 ist konkav-zylindrisch und koaxial zu der Systemachse 114. Der zweite Reflektor 128 ist an einem zwei-

ten Reflektorkörper 130 angebracht. Der zweite Reflektorkörper weist eine ringförmige, ebene Stirnfläche 132 auf. An die Stirnfläche 132 schliesst sich innen der zylindrische Reflektor 128 an. Auf der Aussenseite weist der Reflektorkörper 130, anschliessend an die Stirnfläche 132, eine zylindrische Mantelfläche 134 koaxial zu dem Reflektor 128 auf. Anschliessend an die zylindrische Mantelfläche 134 bildet der Reflektorkörper 130 einen konischen Abschnitt 136. An den konischen Abschnitt 136 schliesst sich ein zylindrischer, mit einem Aussengewinde versehener Abschnitt 138 an. Auf der Innenseite schliesst sich an den zylindrischen Reflektor 128 ein konischer Abschnitt 140 an. Unten bildet der Reflektorkörper 130 eine untere Stirnfläche 142 mit einer zentralen Öffnung 144. Durch diese Öffnung 144 ragt die Lichtquelle 120 in das Innere des Reflektorkörpers 130. Auf der oberen Stirnfläche 132 des Reflektorkörpers 130 liegt eine klar-transparente Platte 146, welche mit ihrer planen Oberseite eine Auflage 148 für die Prüfobjekte bildet. Die von der Auflage 148 definierte Auflageebene ist senkrecht zur Systemachse 114 und dementsprechend parallel zu der Stirnfläche 112 des ersten Reflektorkörpers 110. Die Platte 148 ist oben und unten mit reflexmindernden Schichten 150, 152 versehen. Der konkav-zylindrische zweite Reflektor 128 reflektiert das radial auseinandergefächerte Lichtbündel 122 so, dass es fast streifend in der Mitte der Auflage 148 in einem Lichtfleck gesammelt wird.

Der zweite Reflektorkörper 130 ist mit dem mit Aussengewinde versehenen Abschnitt 138 in einen mit einem Innengewinde 154 versehenen, topfförmigen Gehäuseteil 156 eingeschraubt. Der Gehäuseteil 156 trägt innen auf der Systemachse 114 einen Sockel 158 für die Lichtquelle 120. Ausserdem sind im Boden des topfförmigen Gehäuseteils 156 Tragstangen 160 gehalten, welche den ersten Reflektorkörper 110 tragen. Die Tragstangen 160 sind durch fluchtende Durchbrüche im Boden des Gehäuseteils 156 sowie durch eine Querbohrung 162 von Kleinschrauben 164 geführt. Die Klemmschrauben 164 sitzen in radialen Gewindebohrungen 166 im Boden des Gehäuseteils 156 zwischen den besagten fluchtenden Durchbrüchen. Die Klemmschrauben 164 können gelöst werden. Dann sind die Tragstangen 160 und damit der erste Reflektorkörper 110 relativ zu dem topfförmigen Gehäuseteil 156 höhenverstellbar. Es ist so eine Justage des Reflektorkörpers 110 relativ zu der Lichtquelle 120 möglich. Der Gehäuseteil 156, die Lichtquelle 120 und der erste Reflektorkörper 110 bilden eine zusammenhängende Baugruppe 170, die als Ganzes über das Innengewinde 154 und den mit Aussengewinde versehenen Abschnitt 138 des zweiten Reflektorkörpers 130 relativ zu dem Systemachse 114 verstellbar ist (oder umgekehrt).

Durch diese Verstellung wird einmal der in der Auflageebene erzeugte Lichtfleck an die Abmessungen der Prüfobjekte angepasst. Weiterhin kann das Gerät so eingestellt werden, dass sich optimaler Kontrast für die Fehlererkennung ergibt.

Die Reflektoren 118 und 128 können spiegelnd ausgebildet sein. Die Oberflächen des ersten und des zweiten Reflektors 118 bzw. 128, können aber auch teildiffus-reflektierend ausgebildet sein.

Eine alternative Lösung kann darin bestehen, dass die Lichtquelle ein Kaltleiter-Ringlicht ist. Die Einstellbarkeit der Beleuchtungsgeometrie kann dann darin bestehen, dass die Abstrahlcharakteristik des Kaltleiter-Ringlichts an die Geometrie des Prüfobjekts anpassbar ist.

Anhand der Figuren 7 und 8 wird nun noch an zwei verschiedenen Herstellungsverfahren für Kontaktlin- sen demonstriert, wie die erfindungsgemässe Bildanalyse in Kombination mit anderen Bildverarbeitungsverfahren in den Herstellungsprozess bei verschiedenen Herstellungsstufen bzw. -schritten integriert werden kann, so -daß ein automatischer Ablauf der Gesamtherstellung der Kontaktline erreicht wird.

In der Fig. 7 ist ein sogenanntes Fullmold-verfahren, welches ein Formgießen der Kontaktlinse beinhaltet, in seinen einzelnen Schritten dargestellt mit integrierter automatischer Prüfung mit Hilfe der erfindungsgemäßen Bildanalyse. Fullmoldverfahren sind bekannt (z. B. EP 0 367 513 und Wo 87/04390).

In einem Herstellungsschritt 31 werden die Formeinsätze (optical tools), die aus hochwertigen Metallen/Legierungen bestehen, beispielsweise durch spanende Bearbeitung hergestellt. Hier kann bereits ein erster Prüfschritt 32 mit Hilfe einer Bildanalyse durchgeführt werden. Dieser Prüfschritt kann die Oberflächenqualität der Formeinsätze und die Geometrie der Formeinsätze prüfen. Anschliessend werden in einem Schritt 33 die Formeinsätze in ein Spritzgießwerkzeug eingesetzt. Auch hier kann eine optische Prüfung mit Hilfe einer Bildanalyse in einem Prüfschritt 35 zur Überprüfung der Oberflächenqualität und der Einbaumaße durchgeführt werden.

Hieran schließt sich die Herstellung der Kunststoffformen, d. h. der beiden Formhälften (Molds), in denen die Kontaktlinse durch Formgießen hergestellt werden soll, an (Herstellungsschritt 34). Auch hier kann in Prüfschritt 36 mit Bildanalyse integriert werden, so daß die Oberflächenqualität, die Geometrie (verzug und dgl.) sowie Staubfreiheit der hergestellten Formhälften überprüft werden kann. Hieran schließt sich das Dispensieren des Polymerisationsansatzes für das Kontaktlinsenmaterial und das Schließen der beiden Formhälften in einem Schritt 37 an. Hier kann ebenfalls ein Prüfschritt 38 integriert werden, bei dem mit Hilfe der erläuterten Bildanalyse das richtige Schließen und das Vorhandensein von Luftblasen ermittelt werden kann. Es erfolgt dann in einem Schritt 39 die Polymerisation des Kontaktlinsenmaterials, das von den beiden

Formhälften umschlossen ist. Hierbei kann in einem Prüfschritt 40 bei geschlossener Form, die lichtdurchlässig ist, nicht nur der Ablauf der Polymerisation, sondern auch der Polymerisationsschwund des polymerisierten Materials und eine geeignete Nachstellung der beiden Formhälften in diesem Zusammenhang überwacht werden. Gegebenenfalls kann in Abhängigkeit vom Ergebnis der Bildanalyse und in Abhängigkeit vom festgestellten Polymerisationsschwund das Nachstellen der beiden Formhälften zur Kompensierung des Polymerisationsschwundes gesteuert werden.

In einem weiteren Fertigungsschritt 41 erfolgt das Öffnen der beiden Formhälften. Im Rahmen eines integrierten Prüfschrittes 42 kann hier eine Zwischenkontrolle durchgeführt werden im Hinblick auf grobe Fehler, wie Risse, Ausbrüche und dgl. am hergestellten Linsenkörper.

Im anschließenden Fertigungsschritt 43 wird die Kontaktlinse aus der Form entnommen, und es kann an der Kontaktlinse mit Hilfe der erläuterten Bildanalyse in einem Prüfschritt 44 eine Trockenprüfung durchgeführt werden. Hieran kann sich in einem Fertigungsschritt 45 die Hydratisierung des Linsenkörpers anschließen. In einem weiteren Fertigungsschritt 46 wird die Linse (trocken oder hydratisiert) in Gläschen oder in sogenannten Foilpacks 68, welche in den Figuren 9 und 10 dargestellt sind, eingebracht.

Anschließend kann in einem Prüfschritt 47 überprüft werden, ob die Linse in den Aufbewahrungsbehälter 69 eingebracht wurde. Dies erfolgt im Rahmen einer sogenannten Anwesenheitskontrolle. Ausserdem kann überwacht werden, ob der Flüssigkeitsstand im Aufbewahrungsbehälter stimmt. Ferner kann die Sauberkeit der Aufbewahrungsflüssigkeit sowie der Linse selbst überwacht werden. Ferner können Linsenqualität und Brechkraft einer Endprüfung unterzogen werden. Die im Prüfschritt 47 erläuterten Prüfungen können mit Hilfe der oben beschriebenen Bildanalyse durchgeführt werden. Anschließend werden die Behälter (Fig. 9, 10) mit den Deckfolien 71 durch Schweißen verschlossen.

In der Fig. 8 ist ein Drehverfahren erläutert, mit dem ebenfalls eine Kontaktlinse hergestellt werden kann. Bei diesem Drehverfahren wird in einem Fertigungsschritt 48 ein Button von einer Stange aus Kontaktlinsenmaterial abgeschnitten und in ein Spannfutter einer Drehmaschine eingesetzt. Drehautomaten sind bekannt. Es wird hierzu beispielsweise auf die deutsche Patentschrift 31 10 624 verwiesen. In einem Prüfschritt 49 kann beispielsweise mit Hilfe der oben beschriebenen Bildanalyse der Button im Hinblick auf Materialeinschlüsse, auf seine Abmessungen (Trimmaße) hin überprüft werden. In einem Fertigungsschritt 50 wird durch Drehen mit Hilfe eines Drehwerkzeugs im Drehautomaten eine Innenkurve IK am Button hergestellt. In einem nachfolgenden Prüfschritt 51 kann durch Bildanalyse das Drehbild und die Oberflächenqualität und gegebenenfalls auch die Geometrie, für welches auch ein bekanntes Moiré-verfahren zum Einsatz gebracht werden kann, überprüft werden.

In einem weiteren Fertigungsschritt 52 erfolgt das Polieren der Innenkurve IK. Gegebenenfalls kann in einem Prüfschritt 53 das Polierbild, die Oberflächenqualität und noch einmal die Geometrie der Innenkurve überprüft werden.

Es erfolgt dann das Aufritzen des Buttons auf eine Spindel des Drehautomaten in einem Fertigungsschritt 54. Dabei wird der Button mit seiner Innenkurve auf die Spindel aufgekittet. Auch hierbei können in einem Prüfschritt 55 mit Hilfe einer optischen Bildanalyse die Qualität und die Abmessungen der Wachsschicht, welche zum Aufkitten dient, sowie der Rundlauf und eine Scheitelpunktbestimmung durchgeführt werden.

Anschließend wird in einem Fertigungsschritt 56 die Aussenkurve AK gedreht. Das Drehbild, die Geometrie sowie die Mittendicke der fertiggestellten Linse können in einem Prüfschritt 57 überprüft werden.

Es erfolgt dann in einem Fertigungsschritt 58 das Polieren der Aussenkurve AK. In einem Prüfschritt 59 können dann das Polierbild, die Geometrie und die Mittendicke der Kontaktlinse überprüft werden. Der Prüfschritt 57 kann in diesem Falle auch entfallen.

In einem Fertigungsschritt 60 wird die Kontaktlinse von der Kalotte des Drehautomaten abgekittet. In einem Fertigungsschritt 61 erfolgt die Randbearbeitung der Kontaktlinse. In einem sich anschließenden Fertigungsschritt 62 erfolgt die Reinigung der Kontaktlinse. An die Reinigung der Kontaktlinse kann sich ein Prüfschritt 63 anschließen, in welchem mit Hilfe der Bildanalyse (z.B. Fig. 1) eine Trockenprüfung der Kontaktlinse durchgeführt wird.

Hieran schließt sich als Fertigungsschritt 64 die Gravur der Kontaktlinse an. In diese wird dann die beispielsweise aus den Figuren 3 und 4 ersichtliche Gravur in den Kontaktlinsenkörper eingeprägt. Hieran schließt sich dann als Fertigungsschritt 65 eine Oberflächenbehandlung der Kontaktlinse an. Diese hat insbesondere den Vorteil, daß die Oberfläche der Linse für die Tränenflüssigkeit benetzbar gemacht wird. In einem Prüfschritt 66 kann dann die Prüfung der Benetzbarkeit ebenfalls mit Hilfe der Bildanalyse (z.B. Fig. 1) durchgeführt werden. Durch die Bildanalyse läßt sich nämlich feststellen, ob auf der Oberfläche Tröpfchenbildung erfolgt oder ob die Linsenoberfläche von der Flüssigkeit flächig benetzt wird.

In einem weiteren Fertigungsschritt 67 erfolgt das Einlegen der Linse beispielsweise in Foilpacks (Fig. 9, 10). Hieran kann sich dann, wie bei dem in Fig. 7 dargestellten Fullmold-Verfahren, ein Prüfschritt anschließen, der dem Prüfschritt 47 entspricht. Anschließend erfolgt das Aufschweißen der Deckfolien auf die Behälter.

Aus obiger Erläuterung, insbesondere im Zusammenhang mit den Figuren 7 und 8, ergibt sich, daß mit Hilfe der optischen Bildanalyse eine vollständige Überwachung und damit 100 %ige Automatisierung bei der Fertigung von optischen Bauteilen erreicht werden kann. Dies gilt insbesondere bei der Herstellung von Kontaktlinsen. Hierdurch wird die gewünschte Produktqualität durch ständige Überwachung (In-process-Kontrolle) des gesamten Fertigungsablaufes garantiert, so daß unter Umständen auf eine Endkontrolle verzichtet werden kann, vor allem für in großen Stückzahlen herzustellende Kontaktlinsen (Wegwerflinsen) ist eine solche Überwachung von Vorteil. Die durch die Erfindung gewährleistete Qualitätskontrolle richtet sich nach vorgebbarem Qualitätsstandard und ist damit eine reproduzierbare und objektive Qualitätskontrolle.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung von optischen Bauteilen, bei dem von dem jeweils zu prüfenden Bauteil ein Bild hergestellt wird und durch Bildanalyse Fehler am abgebildeten Gegenstand erfaßt werden, dadurch gekennzeichnet, daß von dem jeweiligen zu prüfenden Bauteil ein flächenhaftes Kontrastbild hergestellt wird und die Bildfläche der jeweiligen sichtbar gemachten Fehler bestimmt und mit einem oder mehreren Grenzwerten verglichen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung des Kontrastbildes eine Dunkelfeldbeleuchtung des zu prüfenden optischen Bauteils durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildfläche der jeweils erfaßten Fehler in Pixel unterteilt und die Pixel gezählt werden und daß die ermittelte Pixelanzahl mit einer vorbestimmten Pixelzahl verglichen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Fehlererfassung bei einem oder mehreren Fertigungsschritten bei der Herstellung des Bauteils durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Fehlererfassung bei der Herstellung augenoptischer Bauteile durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß für verschiedene Zonen des zu prüfenden Bauteils unterschiedliche Grenzwerte als Qualitätsstandards festgelegt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Prüfung einer Kontaktlinse für die optische Zone die Lentikularzone und den Rand der Linse unterschiedliche Grenzwerte als Qualitätsstandards festgelegt werden.
8. Vorrichtung zur Prüfung von optischen Bauteilen mit einer optischen Bilderzeugungseinrichtung und einer Bildverarbeitungseinrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung (1) einen Kontrastbildgeber (5) aufweist und die Bildverarbeitungseinrichtung (2) eine Bildaufnahmeeinrichtung (3) mit einem Bildsensor (4) zur Flächenbestimmung der jeweils im Kontrastbild erfaßten Fehler umfaßt.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontrastbildgeber (5) als Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung für das zu prüfende Bauteil (6) ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildsensor (4) als CCD ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß an den Bildsensor (4) eine Ausleseeinrichtung (7) zum pixelweise Auslesen der abgebildeten Fehlerflächen angeschlossen ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildverarbeitungseinrichtung (2) einen Vergleicher (24, 25, 26) aufweist, der an eine Flächenbestimmungseinrichtung (20, 21, 23) und an eine Grenzwertspeichereinrichtung (27, 28, 29) angeschlossen ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzwerte (Quali-

tätsstandards) als vorgegebene Flächengrößen sind.

14. Beleuchtungseinrichtung zum Beleuchten klartransparenter Prüfobjekte, für die Untersuchung der Prüfobjekte auf Fehler, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lichtquelle (120) und eine Beleuchtungsoptik (118, 128) zur Beleuchtung der Prüfobjekte in Dunkelfeldbeleuchtung vorgesehen sind und dass die Beleuchtungsgeometrie der Beleuchtungsoptik (118, 128) zur Anpassung an das Prüfobjekt einstellbar ist.
15. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass
 - (a) unter einer Auflage (148) mit einer Auflageebene für Prüfobjekte ein erster Reflektorkörper (110) zugeordnet ist,
 - (b) der erste Reflektorkörper (110) eine zu der Auflageebene der Auflage (148) im wesentlichen parallele Stirnfläche (112) aufweist, die einen Objekthintergrund für die Prüfobjekte bildet,
 - (c) der erste Reflektorkörper (110) weiterhin einen der besagten Stirnfläche (112) abgewandten konvex-konischen ersten Reflektor (118) aufweist, dessen Konusachse mit einer senkrecht zu der Stirnfläche (112) verlaufenden Systemachse (114) zusammenfällt,
 - (d) die Lichtquelle (120) auf der Systemachse (114) angeordnet ist und
 - (e) ein zweiter Reflektorkörper (130) mit einem konkaven Ringreflektor (128) gleichachsig zu der Systemachse (114) angeordnet ist.
16. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der konkave Ringreflektor (128) zylindrisch ist.
17. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (120) mit dem ersten Reflektor (118) in einer Baugruppe (170) vereinigt ist, die längs der Systemachse (114) relativ zu dem zweiten Reflektorkörper (130) und der Auflage (148) verstellbar ist.
18. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle ein Kaltleiter-Ringlicht ist.
19. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstrahlcharakteristik des Kaltleiter-Ringlichts an die Geometrie des Prüfobjekts anpassbar ist.
20. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass als Aufnahme (148) für das Prüfobjekt eine beidseitig mit einer Antireflexschicht versehene Platte (146) vorgesehen ist.
21. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Reflektor (118 bzw. 120) spiegelnd ausgebildet sind.
22. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen des ersten und des zweiten Reflektors (118 bzw. 120) teildiffus-reflektierend ausgebildet sind.
23. Vorrichtung zur Prüfung von optischen Bauteilen nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 22 ausgebildet ist.

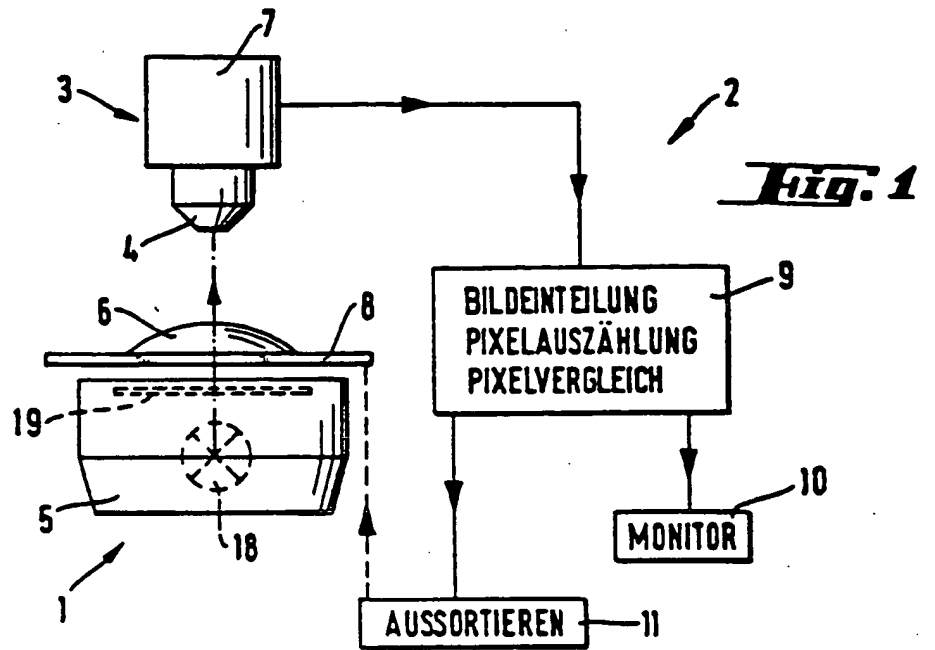


Fig. 2

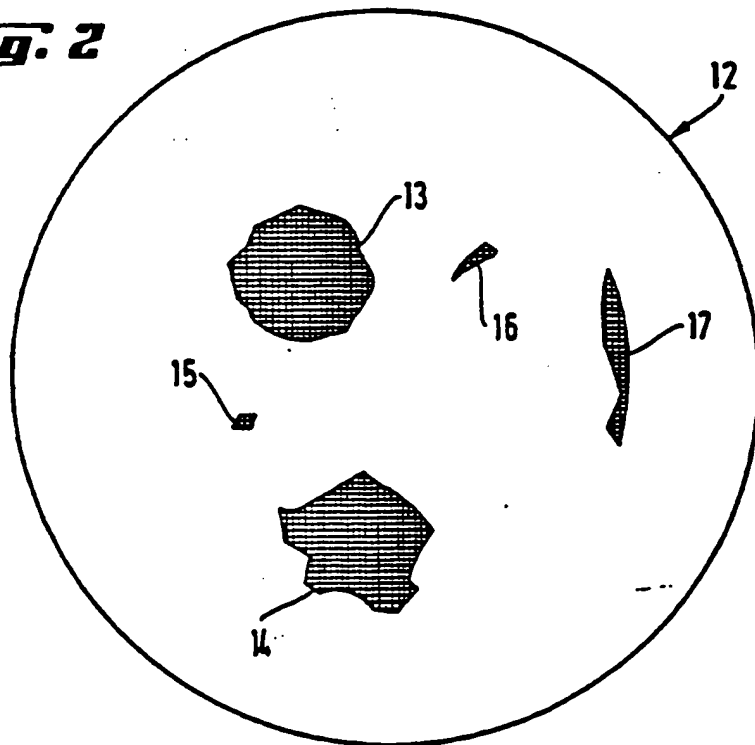
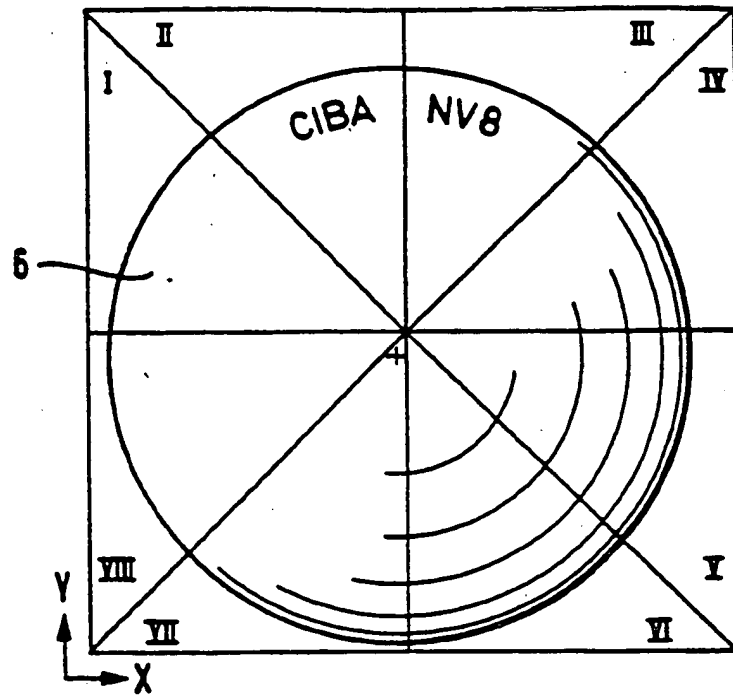
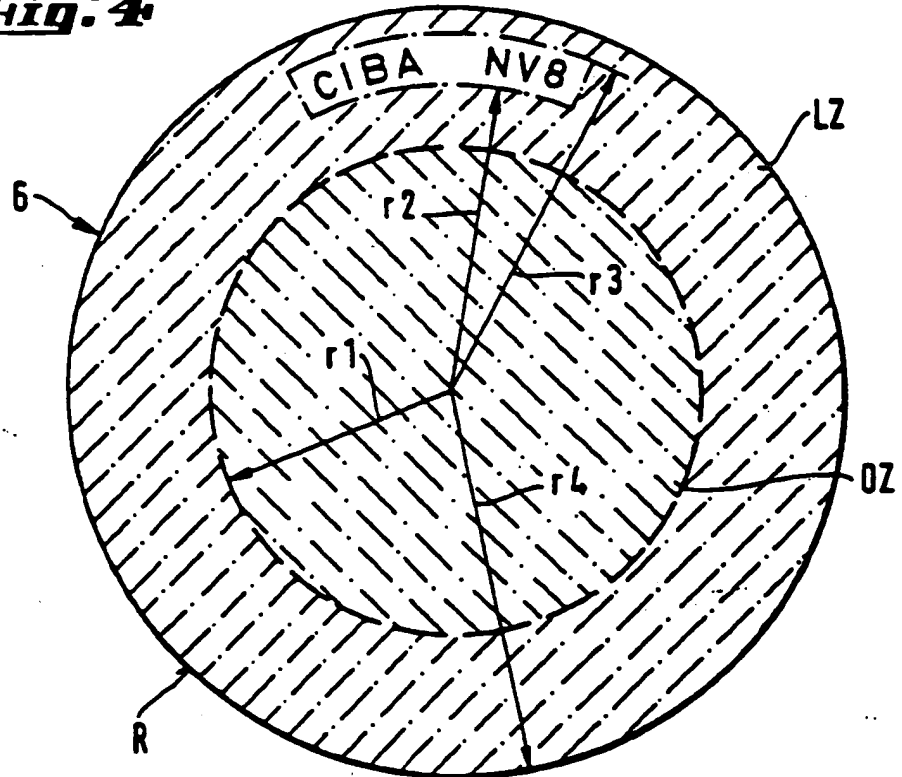


Fig. 3**Fig. 4**

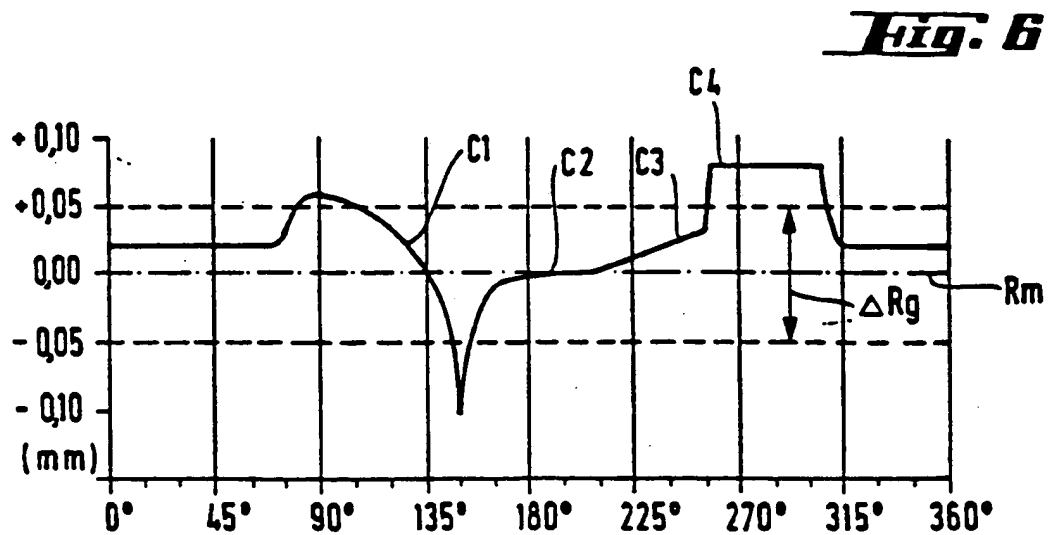
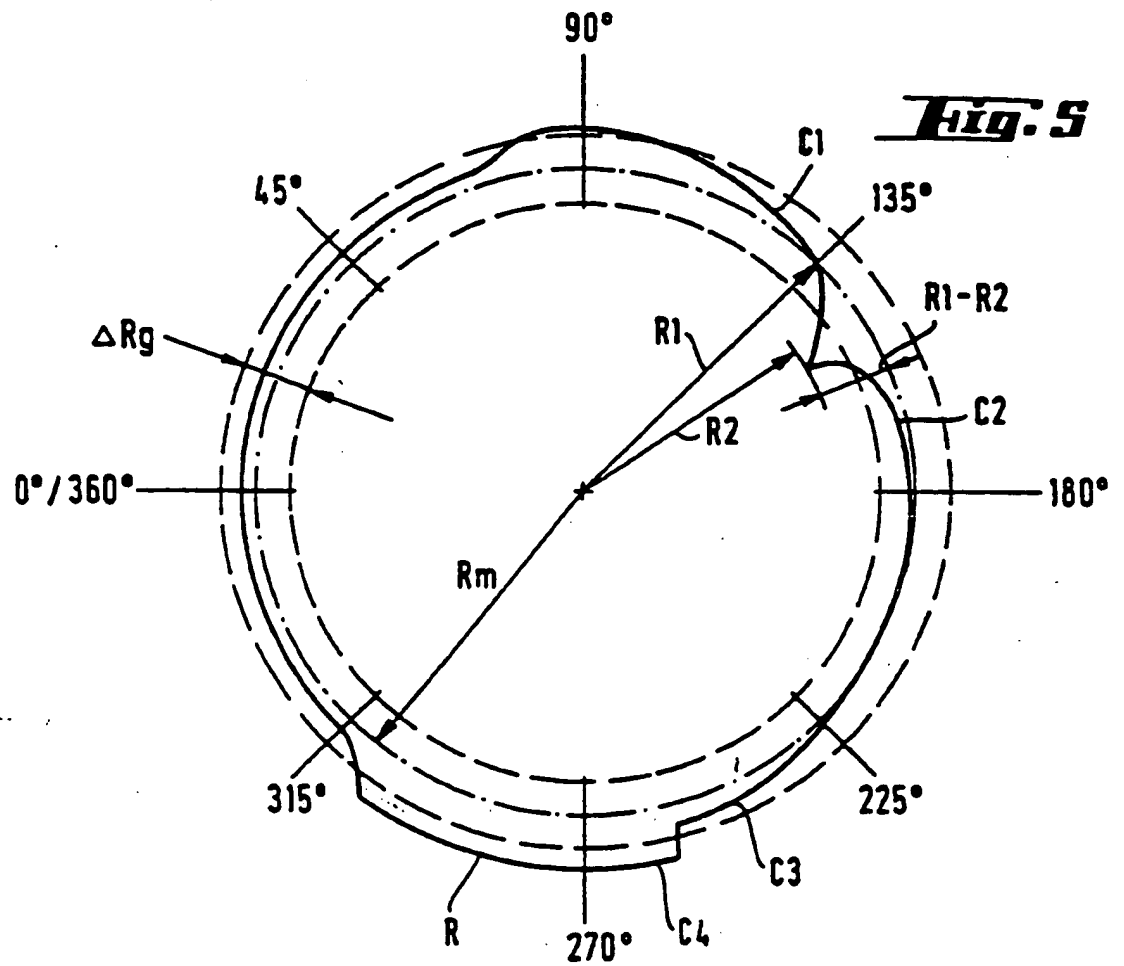


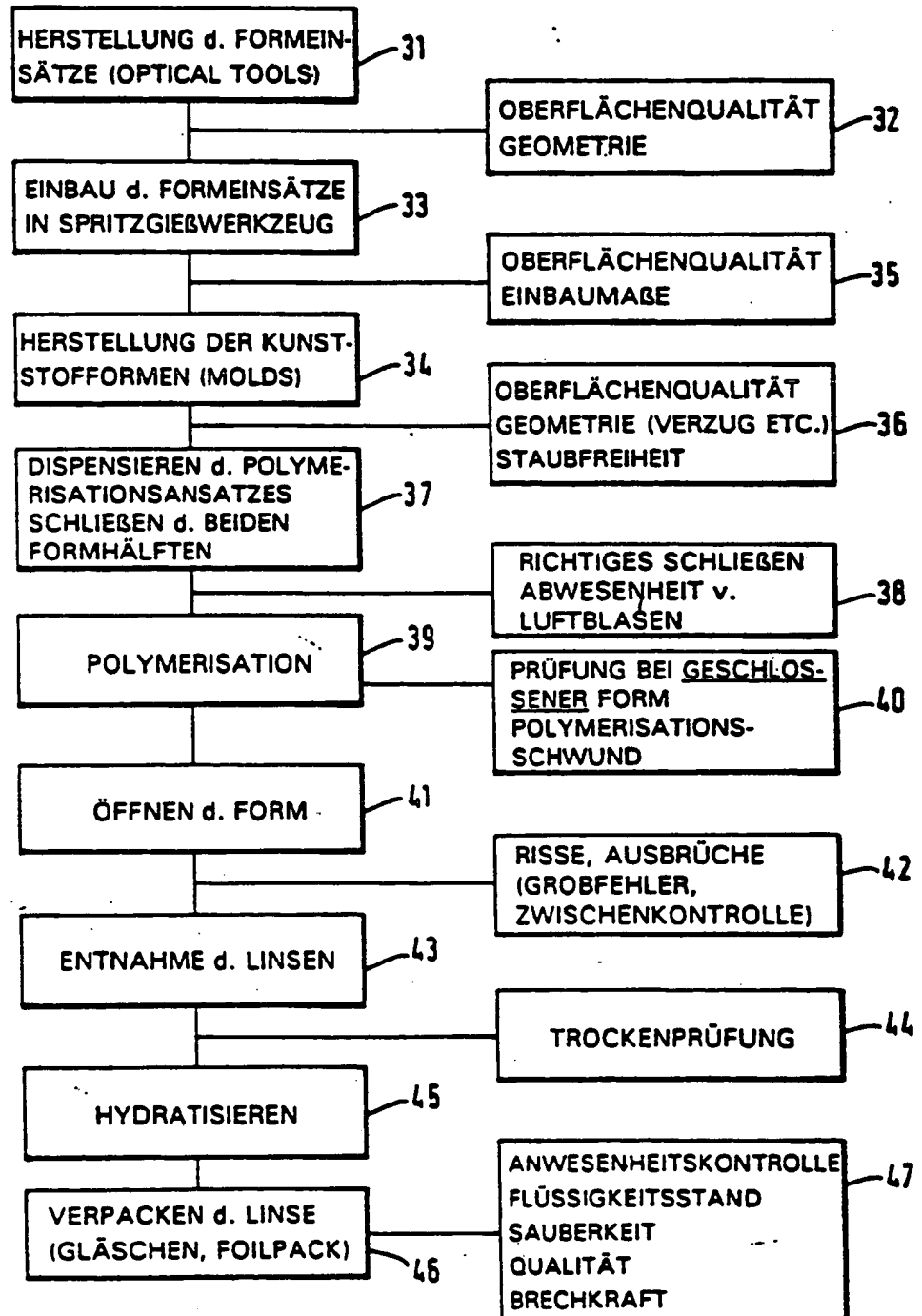
Fig. 1

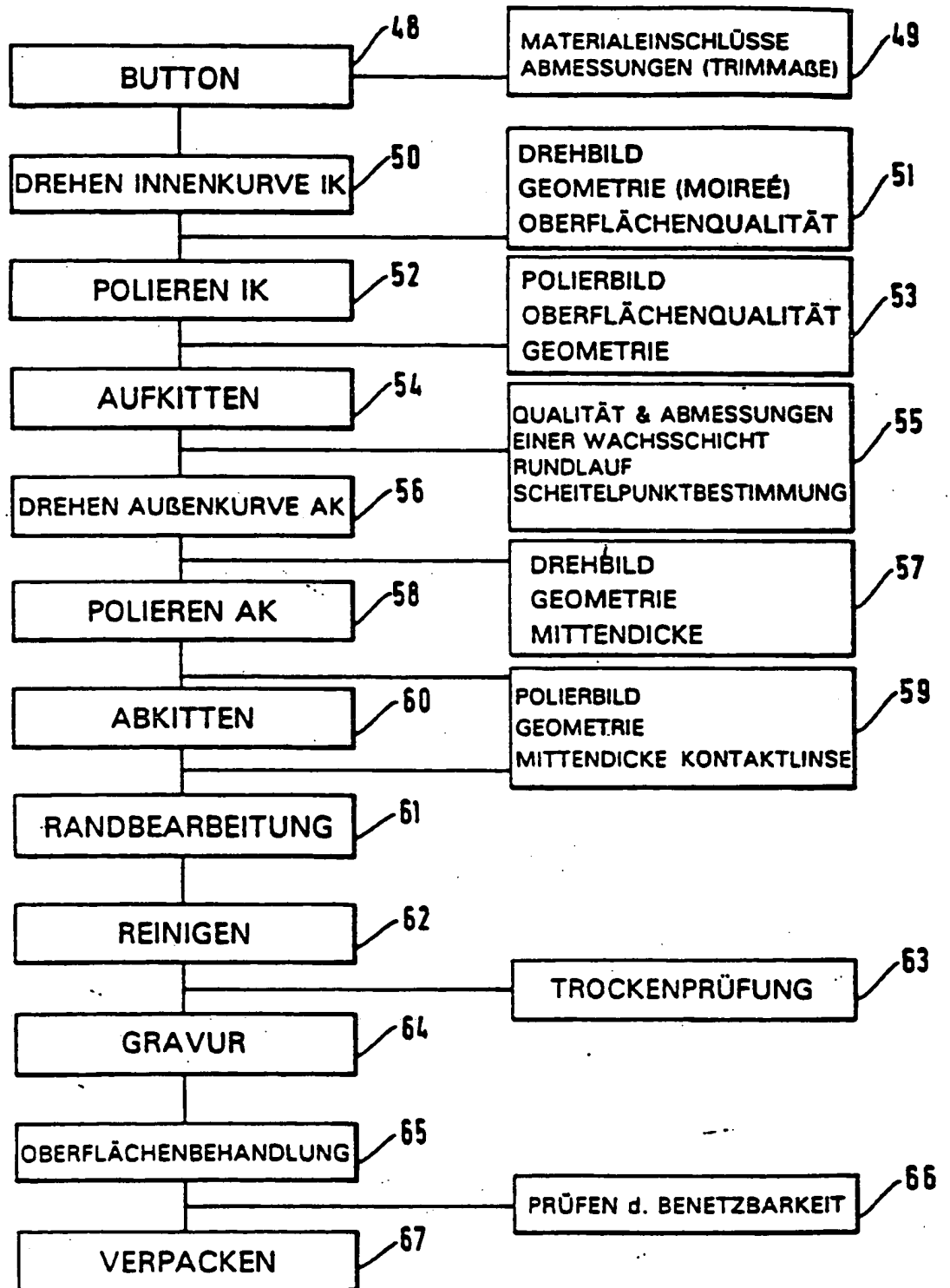
Fig. 8

Fig. 10

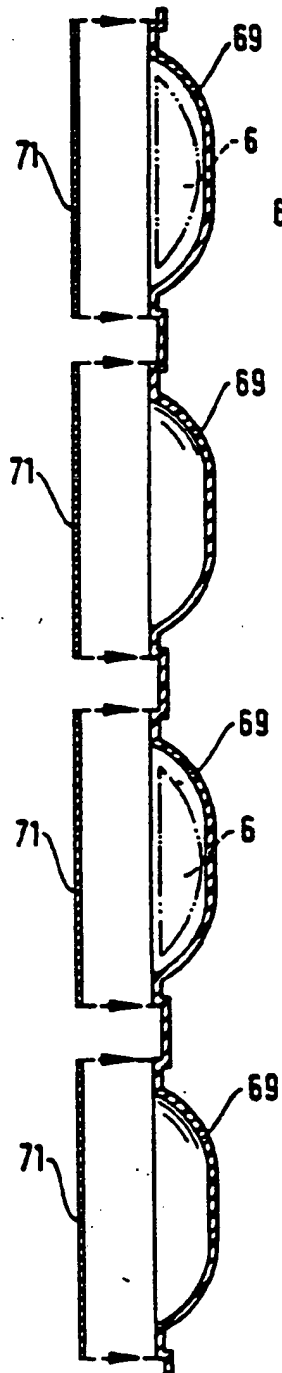
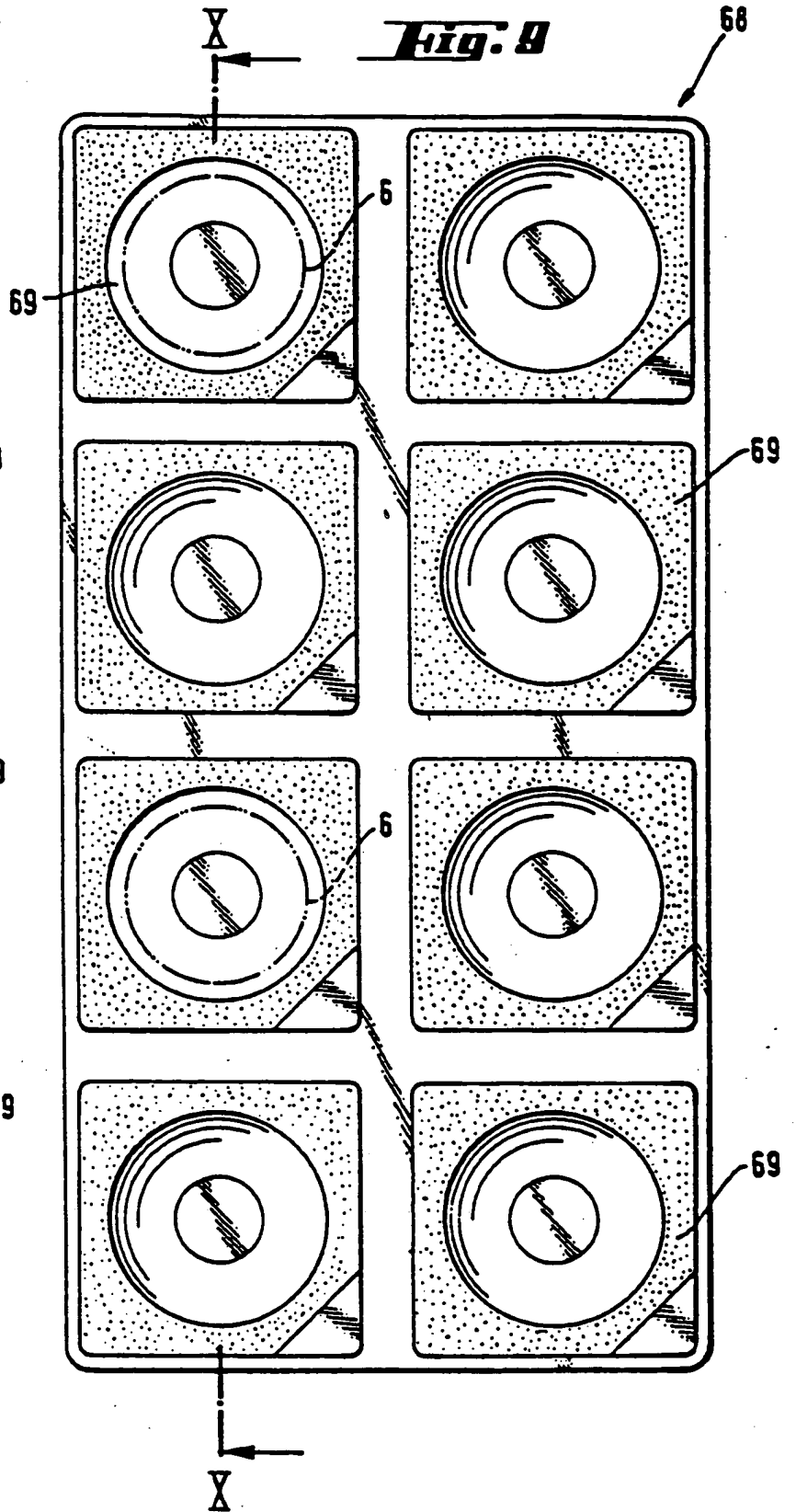


Fig. 9



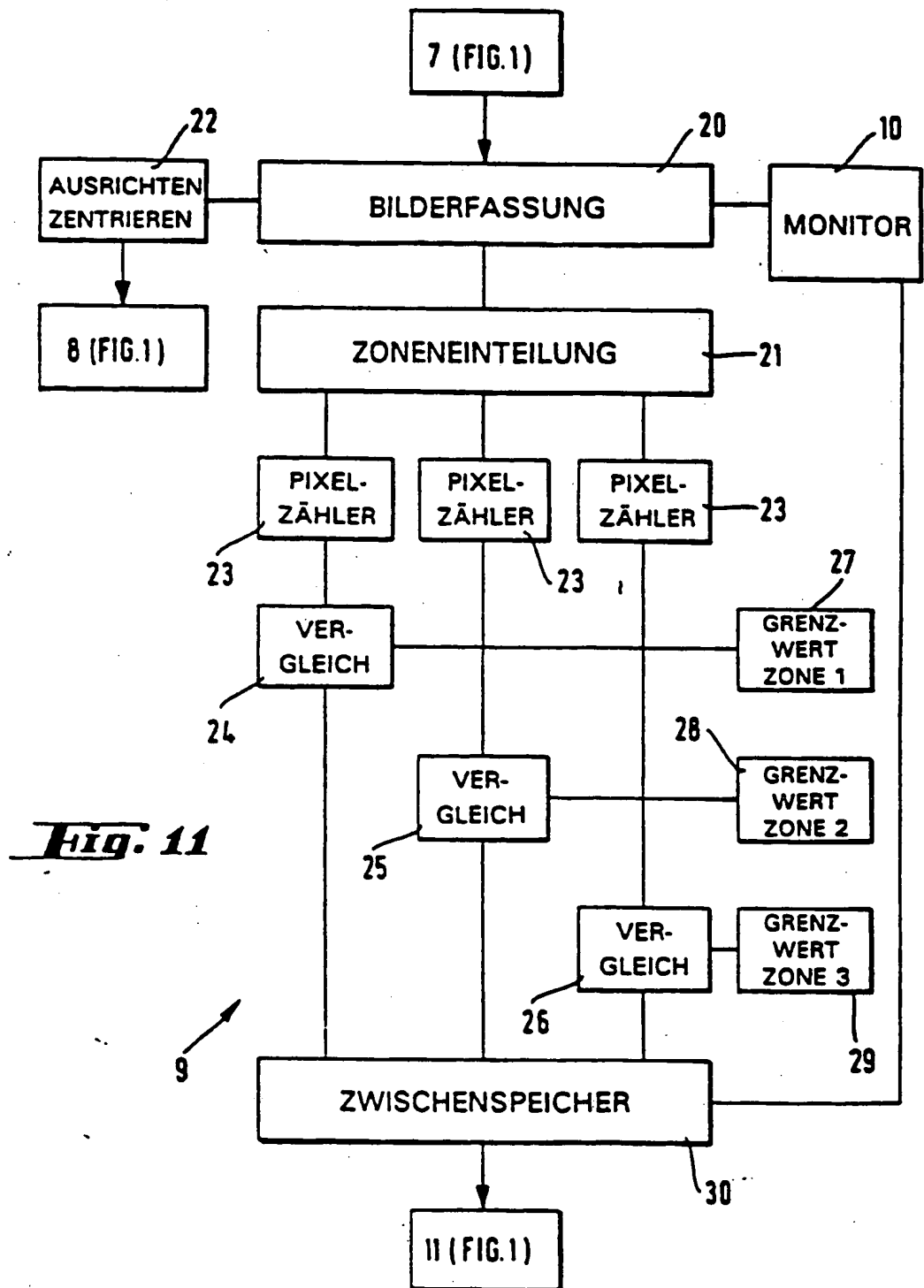
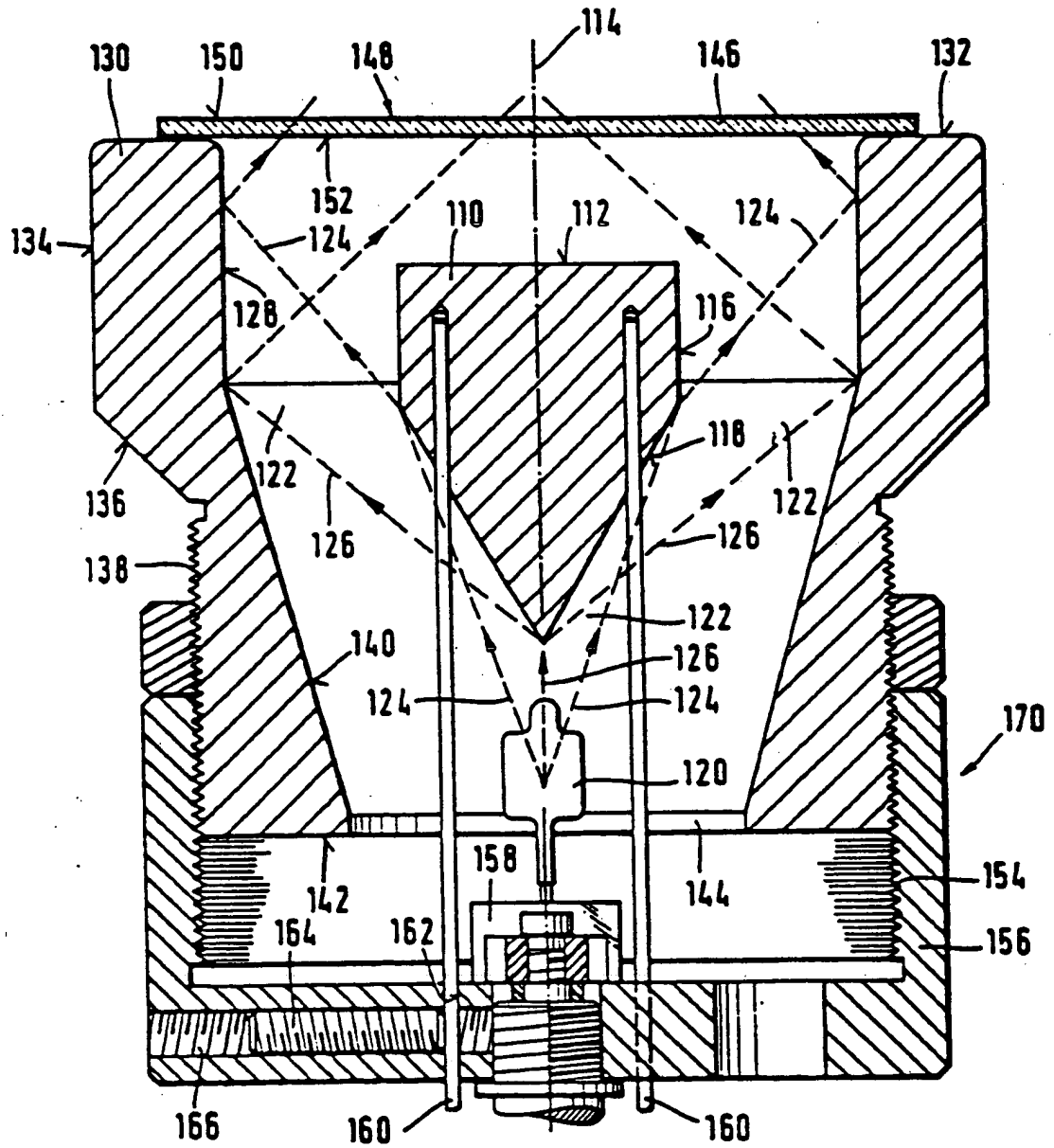


Fig. 12



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 81 0978
Seite 1

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 5)
Y	DE-A-3 432 002 (CARL ZEISS) " Seite 4, Zeile 31 - Zeile 36; Abbildung 3 "	1,2,8,9	G01N21/88 G01N11/02
A	—	14,15,23	
Y	JP-A-2 257 007 (SEIKO EPSON) 17. Oktober 1990 & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15, no. 11 (P-1150)(4539) 10. Januar 1991 " Zusammenfassung "	1,2,8,9	
A	GB-A-2 171 812 (KILLPATRICK) " Seite 1, Zeile 18 - Zeile 26; Abbildung 3 "	1,2,8,9	
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 25, Nr. 4, September 1982, NEW YORK US Seite 2047; N.A. FELISS ET AL.: 'Surface analyzer' " das ganze Dokument "	1,8	
A	US-A-4 733 360 (KOBAYASHI) " Spalte 1, Absatz 1 " " Spalte 4, Absatz 2 " " Spalte 12, Zeile 63 - Spalte 13, Zeile 14 "	3,11	
A	US-A-3 988 068 (SPRAGUE) " Spalte 7, Zeile 30 - Zeile 37 " " Spalte 8, Zeile 50 - Zeile 53 " " Abbildung 4 "	1,5,8,10	
X	GB-A-2 058 393 (CARL ZEISS JENA) " Zusammenfassung " " Seite 1, Zeile 123 - Seite 2, Zeile 2 " " Seite 2, Zeile 68 - Zeile 78 " " Seite 2, Zeile 96 - Zeile 99 " " Abbildungen 2,3 "	14	
A	—	15,16,21	
A	FR-A-2 433 767 (CARL ZEISS JENA) " Seite 1, Absatz 1 " " Seite 7, Zeile 29 - Zeile 34; Abbildung 1 "	14,15,21	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenamt DEN HAAG		Abschließdatum der Recherche 30 MAERZ 1992	Prüfer THOMAS R. M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		<p>T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: literarisches Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>A: technologischer Hintergrund O: schriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur</p>	

EPO FORM 1300 (01/81) (P.0001)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 81 0978
Seite 2

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CLS)
A	EP-A-0 249 799 (BATTELLE)		
A	EP-A-0 063 761 (FELDMUHLE)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. CLS)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchant DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 30 MÄRZ 1992	Prüfer THOMAS R. M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : schriftliche Offenbarung P : Zwischenkategorie T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, überwachendes Dokument			

EPO FORM 1200 (01.91) (franz.)